

Первые проведенные эксперименты продемонстрировали наличие различного на фоне шумов полезного сигнала при движении нарушителя непосредственно вблизи приемной антенны, что говорит о целесообразности дальнейших исследований антенных средств обнаружения с протяженным чувствительным элементом.

### **Библиографические ссылки**

1. *Груба И. И.* Системы охранной сигнализации. Технические средства обнаружения. М. : Солон-Пресс, 2012. 220 с.
2. *Бакланов В. В., Духан Е. И.* Моделирование процессов сигналообразования в двухкабельных средствах обнаружения, на основе линий вытекающей волны // Радиотехника. 2009. № 2. С. 115–118.
3. *Вайнштейн Л. А.* Электромагнитные волны. М. : Радио и связь, 1988. 440 с.
4. *Кинг Р., Смит Г.* Антенны в материальных средах : в 2 кн. / пер. с англ. М. : Мир, 1984. 416 с.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ПЕРЕХВАТА РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ТОНКИХ ОТРАЖАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСРЕДСТВОМ ЛАЗЕРНОГО МИКРОФОНА**

*А. В. Макаров, В. П. Гуляев*

(Екатеринбург, УрФУ, [uncletimmy3@yandex.ru](mailto:uncletimmy3@yandex.ru), [gulyaev-vp@ya.ru](mailto:gulyaev-vp@ya.ru))

В основе исследуемого метода перехвата речевой информации лежат нижеследующие физические процессы. Зондируемый объект (например, оконное стекло) представляет собой мембрану, которая колеблется со звуковой частотой, создавая фонограмму разговора. Генерируемое лазерным передатчиком излучение, распространяясь в атмосфере, отражается от поверхности оконного стекла и модулируется акустическим сигналом, а затем воспринимается фотоприемником. Далее принятый сигнал демодулируется и поступает на устройство обработки информации. Принципиальное значение

имеет процесс модуляции. Звуковая волна, генерируемая источником акустического сигнала, падает на границу раздела воздух – стекло и создает вибрацию, т. е. отклонения поверхности стекла от исходного положения. Эти отклонения вызывают дифракцию света, отражающегося от границы. Если размеры падающего оптического пучка малы по сравнению с длиной «поверхностной» волны, то в суперпозиции различных компонент отраженного света будет доминировать дифракционный пучок нулевого порядка. В этом случае наблюдаются следующие эффекты: во-первых, фаза световой волны модулирована по времени в соответствии с частотой звука (эффект Доплера) и однородно по сечению пучка; во-вторых, пучок «качается» с частотой звука вокруг направления отраженного луча [1].

Исследуемый метод перехвата речевой информации основывается на втором эффекте. Схема, поясняющая принцип работы данного метода, представлена на рисунке.

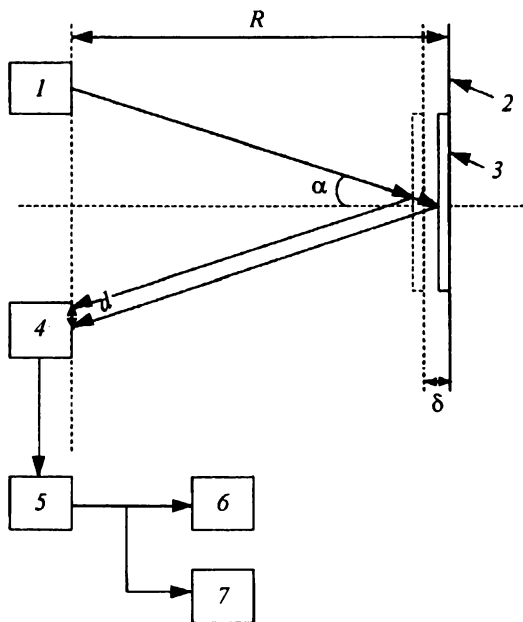


Схема реализуемого метода перехвата речевой информации

Излучение лазера 1 отражается под углом  $\alpha$  от мишени 3, которая закреплена на вибрирующей под действием акустического сигнала поверхности 2, находящейся на расстоянии  $R$  от передатчика и приемника оптического излучения. Отраженный луч падает на фотоприемник 4; смещение отраженного лазерного луча  $d$  изменяется в соответствии с вибрациями поверхности 2; сигнал с выхода фотоприемника 4 подается на усилитель 5; далее сигнал параллельно подается на динамик наушников 6 и измерительный прибор 7.

Отклонения пучка вокруг направления отраженного луча вызывают изменения площади засвечивания чувствительного элемента фотоприемника, вследствие чего изменяется ток на выходе фотоприемника. Для оптимальной работы необходимо, чтобы чувствительный элемент фотоприемника при отсутствии вибрации был перекрыт лишь частично. Метод не требует демодулятора, сигнал с выхода чувствительного элемента после усиления можно сразу подать либо на динамик и услышать тестовый сигнал, либо на измерительный прибор для обработки с целью получения параметров вибраций. Метод требует тщательной юстировки, т. е. проверки и наладки оптического прибора, подразумевающей достижение верного взаиморасположения элементов прибора и правильного их взаимодействия.

Рассмотрим упрощенную модель объекта измерений. В качестве объекта выберем оконное стекло. Выбор объясняется тем, что оконное стекло является наиболее уязвимым объектом разведки по оптико-электронному каналу утечки речевой информации. Будем считать, что стекло однородно и жестко закреплено в конструкции, тогда основной вклад в колебания объекта измерений вносит мембранный эффект. В качестве сигнала примем гармонические колебания, падение звуковой волны вызывает вибрации исследуемой перегородки с частотой звуковых колебаний. Деформация происходит за счет прогиба стекла, поэтому для упрощения расчетов считаем, что прогиб недостаточно велик, чтобы вызвать изменение угла отражения лазерного луча. Считаем, что мишень располагается так, что двигается по нормали к оси, на которой расположены приемник и передатчик оптического излучения.

В результате вышеперечисленных приближений получаем, что сигнал на выходе фотоприемника изменяется в соответствии со следующим выражением:

$$s(t) = J \cdot k \cdot n \cdot R_{\text{н}} + 4 \cdot J \cdot k \cdot n \cdot R_{\text{н}} \cdot \frac{\delta_m}{x} \cdot \cos(\Omega t), \quad (1)$$

где  $J$  – световой поток, создаваемый лазером, лм;  $k$  – токовая интегральная чувствительность, А/лм;  $n$  – коэффициент отражения поверхности;  $R_{\text{н}}$  – сопротивление нагрузки;  $x$  – длина зрачка фотоприемника, м;  $\delta_m$  – амплитуда виброперемещения;  $\Omega$  – частота акустического колебания, рад/с;  $t$  – время, с.

Как видно из выражения (1) спектр сигнала состоит из постоянной составляющей и составляющей на частоте звукового колебания  $\Omega$ . Исходя из характера спектра, измерения информативных параметров выполняются либо с применением селективного вольтметра, либо с применением низкочастотного анализатора спектра.

Практическое исследование метода перехвата речевой информации было разбито на три этапа. Первый этап – это проверка работоспособности метода на акустическом имитаторе, который представляет собой обычный электродинамический громкоговоритель, на пылезащитном колпачке которого закреплено легкое зеркало. На втором этапе в качестве объекта эксперимента выступила текстолитовая пластина с закрепленным на ней легким зеркалом. Третий этап – проведение эксперимента на реальном объекте – оконном стекле.

Эксперименты с использованием имитатора показали, что данный метод действительно позволяет перехватить речевую информацию. Тестовый сигнал отчетливо наблюдался на экране анализатора спектра. При перекрытии зрачка фотоприемника сигнал пропадал с экрана анализатора спектра, это говорит о том, что наблюдаемый сигнал не является акустоэлектрической наводкой на какую-либо часть измерительной системы. Далее в качестве имитации реального перехвата речевой информации подавались фонограмма разговора, записанная на цифровой диктофон, и музыкальная композиция. В лабораторных условиях перехваченную фоно-

грамму и музыкальную композицию отчетливо слышно без использования дополнительных средств. Перехваченная фонограмма и музыкальная композиция имели «металлический» оттенок звучания. Во время экспериментов на реальном объекте (оконном стекле) качество перехваченной фонограммы разговора было значительно хуже.

Результаты экспериментов второго и третьего этапов показали, что установку, реализующую исследуемый метод перехвата речевой информации, можно использовать не только как средство технической разведки по оптоэлектронному каналу утечки речевой информации, но и как средство измерения информативных параметров вибраций, таких как виброперемещение, виброскорость и виброускорение. По итогам проведенных экспериментов разработана методика проведения измерений информативных параметров вибраций, но в рамках данной статьи методика и полученные результаты не рассматриваются.

### **Библиографические ссылки**

1. Хорев А. А. Технические каналы утечки акустической (речевой) информации // Специальная техника. 2009. № 5. С. 12.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРАДИЕНТНЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ**

*А. В. Мартьянова*

(Екатеринбург, УрФУ, kurzinaav@gmail.com)

Приведен сравнительный анализ градиентных методов с применением агрегационных операторов. Представлены результаты обработки изображения данными методами.

### **Введение**

Методы выделения границ для распознавания лиц являются актуальным предметом исследования и находят свое применение в большом количестве систем распознавания лиц (ASID, FaceID,